

Summary of the German application DE 100 21 047.3:

Summarizing, the application relates to a method of calculating an ophthalmic lens having

5

- a region adapted for viewing in large distances and in particular "infinity" (far distance region),
- a region adapted for viewing in near distances and in particular "reading distances" (near distance region) and

10

- a progression zone arranged between far distance region and near distance region, in which the spherical power of the ophthalmic lens increases from the value in the far distance point of the far distance region to the value of the near distance point in the near distant region along a curve (principal line) winding towards the nose by a value referred to as addition, characterized by the following steps:

15

- a. as starting values are provided of a course of projection $x_0(y)$ of the principal line in the x,y-plane as well as characteristics of the ophthalmic lens along the principal line taking into account the spherical, cylindrical as well as, if applicable, prismatic prescription values and the addition as well as the pupil distance and using these provisions at least a band of second order of the progressive phase of the ophthalmic lens is calculated,

20

- b. there is provided an object distance function $Al(y)$ which describes the change of the distance of an object in case of movement of a view in particular when lowering a view,

25

- c. in each horizontal section of the progressive ophthalmic lens the intersection point of the main ray through the progressive face is determined, for which the distance of the intersection point of said main ray with a plain, which divides the pupil distance in half, is equal to the distance of the object given by the object distance function $Al(y)$,

30

- d. for the entirety of the intersection points lying in the principal line of sight, the course of the projection $x'_0(y)$ in the x,y -plane is calculated,
- 5 e. the projection $x'_0(y)$ is set equal to $x_0(y)$ and the correspondence is checked,
- f. afterwards, the steps a to e are repeated iteratively as long, until the projection $x'_0(y)$ of the principal line of sight (within predetermined boundaries) is equal to the course of the projection $x_0(y)$ of the principal line, used for calculating the
10 respective face.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)



REC'D 20 MAR 2001

WIPO

PCT

DE 01/188

ETU

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 21 047.3

Anmeldetag: 28. April 2000

Anmelder/Inhaber: Optische Werke G. Rodenstock, München/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Berechnen eines progressiven
Brillenglases sowie Verfahren zur Herstellung
eines derartigen Brillenglases

IPC: G 02 C 7/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Februar 2001
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Heiler

Seiler



ZUSAMMENFASSUNG

Beschrieben wird ein Verfahren zum Berechnen und zum Herstellen eines Brillenglases mit

- einem zum Blicken in größere Entfernungen und insbesondere „ins Unendliche“ ausgelegten Bereich (Fern-
teil),
- einem zum Blicken in kürzere Entfernungen und insbesondere „Lese-Entfernungen“ ausgelegten Bereich
(Nahteil), und
- einer zwischen Fernteil und Nahteil angeordneten
Progressionszone, in der die Wirkung des Brillengla-
ses von dem Wert in dem im Fernteil gelegenen Fern-
bezugspunkt auf den Wert des im Nahteil gelegenen
Nahbezugspunktes längs einer zur Nase hin gewundenen
Kurve (Hauptlinie) um einen als Addition bezeichne-
ten Wert zunimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch folgen-
de Schritte aus:

- a. als Anfangswerte werden ein Verlauf der Projektion
 $x_0(y)$ der Hauptlinie in die x,y -Ebene sowie Eigen-
schaften des Brillenglases längs der Hauptlinie un-
ter Berücksichtigung der sphärischen, zylindrischen
sowie gegebenenfalls prismatischen Verordnungs-
werte und der Addition sowie der Pupillendistanz vorgege-
ben und mit diesen Vorgaben zumindest ein Streifen

zweiter Ordnung der progressive Fläche eines Brillenglases berechnet,

- b. es wird eine Objektabstandsfunktion $A_1(y)$ vorgegeben, die die Änderung der Objektentfernung bei einer Blickbewegung und insbesondere einer Blicksenkung beschreibt,
- c. in jedem Horizontalschnitt des progressiven Brillenglases wird der Durchstoßpunkt des Hauptstrahls durch die progressive Fläche bestimmt, für den der Abstand des Schnittpunkts dieses Hauptstrahles mit einer Ebene, die die Pupillendistanz halbiert, gleich dem durch die Objektabstandsfunktion $A_1(y)$ gegebenen Objektabstand ist,
- d. für die Gesamtheit dieser in der Hauptblicklinie liegenden Durchstoßpunkte wird der Verlauf der Projektion $x'_0(y)$ in die x,y -Ebene berechnet,
- e. der Verlauf $x'_0(y)$ wird gleich $x_0(y)$ gesetzt und die Übereinstimmung geprüft,
- f. anschließend werden die Schritte a. bis e. solange iterativ wiederholt, bis die Projektion $x'_0(y)$ der Hauptblicklinie (innerhalb vorgegebbarer Grenzen) gleich dem Verlauf der für die Berechnung der entsprechenden Fläche verwendeten Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie ist.

Dr. Münich & Kollegen
Anwaltskanzlei

Dr. Münich & Kollegen, Anwaltskanzlei
Wilhelm-Mayr-Str. 11, D-80689 München

Telefon: (+49) (0)89 / 54 67 00-0
Telefax: (+49) (0)89 / 54 67 00-49, -99

An das
Deutsche Patent- und
Markenamt

80297 München

Patentanwälte /
European Patent & Trademark Attorneys
Dr. rer. nat. Wilhelm-L. Münich, Dipl.-Phys.
Manfred Schulz, Dipl.-Ing. (FH)

Rechtsanwälte
Dr. jur. Walter O. Schiller †

27.04.2000

Unser Zeichen: R 2000/03

Neue deutsche Patentanmeldung

Anmelder: Optische Werke G. Rodenstock
München

Bezeichnung: Verfahren zum Berechnen eines progressiven
Brillenglases sowie Verfahren zur Herstel-
lung eines derartigen Brillenglases

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Berechnen eines progressiven Brillenglases sowie auf ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Brillenglases, von Absenkformen, von Gießformen für das Gießen oder von Stempeln für das Pressen von derartigen Brillengläsern aus einem Kunststoffmaterial.

Unter progressiven Brillengläsern (auch als Gleitsichtgläser, Multifokalgläser etc. bezeichnet) versteht man üblicherweise Brillengläser, die in dem Bereich, durch den der Brillenträger einen in größerer Entfernung befindlichen Gegenstand betrachtet - i.f. als Fernteil bezeichnet -, eine andere (geringere) Brechkraft haben als in dem Bereich (Nahteil), durch den der Brillenträger einen nahen Gegenstand betrachtet. Zwischen dem Fernteil und dem Nahteil ist die sog. Progressionszone angeordnet, in der die Wirkung des Brillenglases von der des Fernteils kontinuierlich auf die des Nahteils ansteigt. Den Wert des Wirkungsanstiegs bezeichnet man auch als Addition.

In der Regel ist der Fernteil im oberen Teil des Brillenglases angeordnet und für das Blicken „ins Unendliche“ ausgelegt, während der Nahteil im unteren Bereich angeordnet ist, und insbesondere zum Lesen ausgelegt ist. Für Spezialanwendungen - genannt werden sollen hier exempla-

risch Pilotenbrillen oder Brillen für Bildschirmarbeitsplätze - können der Fern- und der Nahteil auch anders angeordnet sein und/oder für andere Entfernungen ausgelegt sein. Ferner ist es möglich, daß mehrere Nahteile und/oder Fernteile und entsprechend Progressionszonen vorhanden sind.

Bei progressiven Brillengläsern mit konstantem Brechungsindex ist es für die Zunahme der Brechkraft zwischen dem Fernteil und dem Nahteil erforderlich, daß sich die Krümmung einer oder beider Flächen vom Fernteil zum Nahteil kontinuierlich ändert.

Die Flächen von Brillengläsern werden üblicherweise durch die sogenannten Hauptkrümmungsradien R_1 und R_2 in jedem Punkt der Fläche charakterisiert. (Manchmal werden anstelle der Hauptkrümmungsradien auch die sogenannten Hauptkrümmungen $K_1 = 1/R_1$ und $K_2 = 1/R_2$ angegeben. Die Hauptkrümmungsradien bestimmen zusammen mit dem Brechungsindex n des Glasmaterials die für die augenoptische Charakterisierung einer Fläche häufig verwendeten Größen:

$$\text{Flächenbrechwert } D = 0,5 * (n-1) * (1/R_1 + 1/R_2)$$

$$\text{Flächenastigmatismus } A = (n-1) * (1/R_1 - 1/R_2)$$

Der Flächenbrechwert D ist die Größe, über die die Zunahme der Wirkung vom Fernteil zum Nahteil erreicht wird. Der Flächenastigmatismus A (anschaulich Zylinderwirkung) ist eine "störende Eigenschaft", da ein Astigmatismus - sofern das Auge nicht selbst einen zu korrigierenden Astigmatismus

mus aufweist -, der einen Wert von ca. 0,5 dpt übersteigt, zu einem als unscharf wahrgenommenen Bild auf der Netzhaut führt.

Stand der Technik

Die zur Erzielung der Flächenbrechwert-Zuwachses erforderliche Änderung der Krümmung der Fläche ohne das Sehen "störenden" Flächenastigmatismus ist zwar relativ einfach längs einer (ebenen oder gewundenen) Linie zu erreichen, seitlich dieser Linie ergeben sich jedoch starke "Verschneidungen" der Fläche, die zu einem großen Flächenastigmatismus führen, der das Glas in den Bereichen seitlich der genannten Linie mehr oder weniger schlecht macht. Bei einer ebenen, als Nabellinie ausgebildeten Linie steigt nach dem Satz von Minkwitz der Flächenastigmatismus in der Richtung senkrecht zur Nabellinie mit dem doppelten Wert des Gradienten der Flächenbrechkraft längs der Nabellinie an, so daß sich insbesondere in der Progressionszone bereits nahe der Nabellinie störende Werte des Flächenastigmatismus ergeben. (Eine Linie, die in jedem Punkt gleiche Hauptkrümmungen aufweist, die also Flächenastigmatismus-frei ist, bezeichnet man als Nabellinie oder ombilische Linie).

Deshalb ist in der Vergangenheit bei der Konstruktion einer zur Brechkraftänderung beitragenden Fläche eines progressiven Brillenglases von einer in einer Ebene liegenden oder gewunden verlaufenden Linie - auch als Hauptmeridian oder als Hauptlinie bezeichnet - ausgegangen worden, die zentral auf der Fläche von oben nach unten ver-

läuft, und deren Verlauf in etwa der Hauptblicklinie folgt. Unter Hauptblicklinie versteht man die Folge der Durchstoßpunkte der auf zentral vor der Nase in unterschiedlichen Entfernungen gelegene Objekte gerichteten Sehstrahlen durch die Brillenglasfläche bei einer Blickbewegung und insbesondere -senkung. Die Hauptkrümmungen eines jeden Punktes dieser Linie sind derart gewählt worden, daß die gewünschte Zunahme des Flächenbrechwertes vom Fernteil zum Nahteil erreicht wird. Ausgehend von dieser Linie sind dann die Seitenbereiche der Fläche (mehr oder weniger) geeignet mit den unterschiedlichsten Verfahren bzw. Ansätzen berechnet worden.

Im Falle einer ebenen Hauptlinie (i.e. Hauptmeridian) wird das Brillenglas beim Einbau in eine Brillenfassung üblicherweise um ca. 8° bis 10° geschwenkt, so daß der Hauptmeridian entsprechend der Konvergenz der Augen schräg von oben nach unten verläuft. Progressive Brillengläser mit ebenem Hauptmeridian sind beispielsweise in der US-PS 2 878 721 oder der DE-AS 20 44 639 beschrieben.

Auf diese Druckschriften - wie auch auf alle im folgenden genannten Druckschriften - wird im übrigen zur Erläuterung aller hier nicht näher beschriebenen Begriffe ausdrücklich Bezug genommen.

Da der Verlauf der Hauptblicklinie auf einer Brillenglasfläche keine gerade bzw. ebene Linie ist, stellt die Verwendung eines ebenen Hauptmeridians immer einen Kompromiß dar. Deshalb ist es bereits seit langem vorgeschlagen

worden, als "Konstruktionsrückgrat" für eine progressive Fläche eine gewundene Linie - auch als Hauptlinie bezeichnet - zu verwenden, deren Verlauf möglichst gut dem tatsächlichen, durch die Physiologie und nicht den Aufbau des Brillenglases (!) vorgegebenen Verlauf der Hauptblicklinie folgt.

Progressive Brillengläser mit einer gewundenen Hauptlinie sind in vielen Patentveröffentlichungen beschrieben:

Nur exemplarisch soll auf die US-PS 4 606 622 verwiesen werden. In dieser Druckschrift sind jedoch keine Angaben darüber zu finden, wie der Verlauf der Hauptlinie mit der Hauptblicklinie "in Deckung" gebracht wird.

Zwar beschäftigen sich verschiedene andere Druckschriften mit dem Verlauf der Hauptlinie, die dort gemachten Ansätze sind jedoch - wie im folgenden dargelegt werden wird - unzureichend:

Bei den in der DE-C-42 38 067 und der DE-C-43 42 234 beschriebenen Flächen wird der Verlauf der Hauptlinie durch Geradenstücke zusammengesetzt, dabei variieren die Winkel der Geraden in Abhängigkeit von der Addition. Die Hauptlinie durch Geradenstücke zusammenzusetzen ist ein ungeeigneter Ansatz, da die Hauptlinie zweimal differenzierbar sein muß. Die Hauptlinie nur in Abhängigkeit von der Addition zu variieren, um sie mit der Hauptblicklinie zur Deckung zu bringen, ist unzureichend, da die Hauptblicklinie von vielen weiteren Größen abhängt. Weiterhin wird

in diesem Druckschriften kein Verfahren angegeben, wie man nun um diese Hauptlinie eine progressive Fläche konstruiert, die entlang der Hauptlinie vorgegebene Eigenschaften aufweist.

In der Europäischen Patentanmeldung 88 307 917 wird beschrieben, daß der Verlauf der Hauptlinie in Abhängigkeit von der - und nur der - Addition variiert werden soll. Ansonsten wird Verlauf der Hauptlinie vorgegeben, wohl in der Hoffnung, daß er mit der Hauptblicklinie übereinstimmt.

In der DE-A-196 12 284, in der die in dieser Anmeldung gemachte Unterscheidung zwischen Hauptlinie (Konstruktionslinie wenigstens einer Fläche des Brillenglases) und Hauptblicklinie (physiologische Eigenschaft) nicht gemacht wird, und stattdessen nur von einer Hauptblicklinie (letztlich als Eigenschaft des Brillenglases) gesprochen wird, ist ein Brillenglas beschrieben, dessen Hauptlinie - genauer gesagt der Versatz der Hauptlinie - in Abhängigkeit von der Fernteilwirkung (stärkerer Hauptschnitt) und der Addition variiert. Ob eine derartige Hauptlinie mit der tatsächlichen Hauptblicklinie übereinstimmt, wird nicht näher untersucht. Auch ist kein Verfahren zur Bestimmung der Hauptblicklinie angegeben. Ebenso wird nicht berücksichtigt, daß die Hauptblicklinie von vielen weiteren Parametern abhängt und bei einer alleinigen Variation der Hauptlinie nur von der Addition und der Fernteilwirkung diese nicht mit der tatsächlichen Hauptblicklinie übereinstimmen kann.

In der Patentanmeldung PCT/DE95/00438 wird eine Hauptlinie beschrieben, deren Verlauf die Form

$$x_0(y) = b + a - \frac{a}{1 + e^{c(y+d)}}$$

hat. Wie man diese Hauptlinie der Hauptblicklinie anpaßt wird nicht näher beschrieben.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß diese Form in vielen Fällen, z.B. bei astigmatischer Verordnung mit schräger Achslage, nicht ausreicht, um die Hauptlinie mit der Hauptblicklinie in Übereinstimmung zu bringen.

In der DE-A-43 37 369 wird ein Verfahren zur Berechnung eines Streifens zweiter Ordnung beschrieben. Ein Verfahren zur Berechnung eines Streifens zweiter Ordnung, der mit der Hauptblicklinie übereinstimmt, wird nicht angegeben.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Berechnen eines progressiven Brillenglases anzugeben, bei dem entlang einer Linie - im folgenden Hauptlinie genannt - bestimmte Eigenschaften vom Brechwert und Astigmatismus vorliegen, und diese Linie mit der Hauptblicklinie übereinstimmt. Ferner soll ein entsprechendes Herstellverfahren angegeben werden.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegebenen. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 18. In den Ansprüchen

19 und 20 sind Verfahren zur Herstellung entsprechender Flächen bzw. Brillengläser angegeben.

Der Erfindung liegt der Grundgedanke zugrunde, von der in der Vergangenheit üblichen Vorgabe einer Hauptlinie - gegebenenfalls in Abhängigkeit von bestimmten Parametern - als bei der Optimierung der Fläche unveränderliches Konstruktionsrückgrad der progressiven Fläche abzugehen, und stattdessen umgekehrt vorzugehen, d. h. zuerst die Hauptblicklinie auf einer in erster Näherung berechneten Fläche zu bestimmen und dann den Verlauf der Hauptlinie und damit die Fläche dem tatsächlichen Verlauf der Hauptblicklinie anzupassen. Nur aufgrund dieser erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist es möglich, diese beiden Linien zur Übereinstimmung zu bringen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich insbesondere durch folgende Schritte aus:

- a. als Anfangswerte werden ein Verlauf der Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie in die x,y -Ebene sowie Eigenschaften des Brillenglases längs der Hauptlinie unter Berücksichtigung der sphärischen, zylindrischen sowie gegebenenfalls prismatischen Verordnungs- und der Addition sowie der Pupillendistanz vorgegeben und mit diesen Vorgaben zumindest ein Streifen zweiter Ordnung der progressive Fläche eines Brillenglases berechnet,
- b. es wird eine Objektabstandsfunktion $A_1(y)$ vorgegeben, die die Änderung der Objektentfernung bei einer

Blickbewegung und insbesondere einer Blicksenkung beschreibt,

- c. in jedem Horizontalschnitt des progressiven Brillenglases wird der Durchstoßpunkt des Hauptstrahls durch die progressive Fläche bestimmt, für den der Abstand des Schnittpunkts dieses Hauptstrahles mit einer Ebene, die die Pupillendistanz halbiert, gleich dem durch die Objektabstandsfunktion $A_1(y)$ gegebenen Objektabstand ist,
- d. für die Gesamtheit dieser in der Hauptblicklinie liegenden Durchstoßpunkte wird der Verlauf der Projektion $x'_0(y)$ in die x,y -Ebene berechnet,
- e. der Verlauf $x'_0(y)$ wird gleich $x_0(y)$ gesetzt und die Übereinstimmung geprüft,
- f. anschließend werden die Schritte a. bis e. solange iterativ wiederholt, bis die Projektion $x'_0(y)$ der Hauptblicklinie (innerhalb vorgegebbarer Grenzen) gleich dem Verlauf der für die Berechnung der entsprechenden Fläche verwendeten Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie ist.

Die Hauptlinie als gewundene Linie ist eindeutig definiert durch zwei Projektionen, beispielsweise die Projektion $x_0(y)$ in die x,y -Ebene und die Projektion $z_0(y)$ in die y,z -Ebene.

Zur Berechnung eines auf einer Hauptlinie, deren Verlauf zumindest innerhalb vorgegebbarer Grenzen mit der Hauptblicklinie übereinstimmt, basierenden Brillenglases bzw. der entsprechenden progressiven Fläche gibt man sich zu-

nächst einen beispielsweise auf Erfahrungswerten basierenden Verlauf der Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie vor und konstruiert dann mit dieser Projektion und den anderen Vorgaben von Eigenschaften längs der Hauptlinie ein Brillenglas zumindest als Streifen zweiter Ordnung.

Als nächstes berechnet man die Durchstoßpunkte der Hauptstrahlen durch das progressive Brillenglas, also der Strahlen, die durch den Augendrehpunkt verlaufen. In jedem Horizontalschnitt wählt man nun den Durchstoßpunkt durch die progressive Fläche aus, bei dem der Abstand vom Durchstoßpunkt durch die Vorderfläche bis zum Schnittpunkt des Hauptstrahles mit der Mittelebene, also der senkrechten Ebene die die Pupillendistanz halbiert, dem vorgegebenen Objektstand $A_1(y)$ entspricht. Die Objektstandsfunktion $A_1(y)$ kann beispielsweise empirisch ermittelt oder meßtechnisch für einen bestimmten Brillenträger erfaßt werden.

Die so ermittelten Durchstoßpunkte durch die progressive Fläche bilden die Hauptblicklinie. Als nächstes setzt man die Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie gleich der Hauptblicklinie, konstruiert das Brillenglas ein zweites Mal und berechnet wiederum die Hauptblicklinie. Dies wiederholt man bis Hauptlinie und Hauptblicklinie übereinstimmen. In der Regel reicht dafür bereits ein Iterationsschritt aus.

Die bei der Berechnung des Brillenglases vorgegebenen Eigenschaften können beispielsweise Flächeneigenschaften

und insbesondere der Flächenastigmatismus $A_0(y)$ und die mittlere Flächenbrechkraft $D_0(y)$ auf der Hauptlinie sein, wobei als Anfangsbedingungen die Pfeilhöhe z und die Ableitungen $\delta z/\delta x$ und $\delta z/\delta y$ in einem Punkt auf Hauptlinie vorgegeben werden.

Solch ein progressives Brillenglas kann man mit einer gewundenen Hauptlinie und jeden Horizontalschnitt z.B. mit einer Potenzreihe beschreiben.

Jeden Horizontalschnitt kann man dann mit

$$z(x, y_c) = x_0(y_c) + z_0(y_c) + \sum_{i=1}^n a_i \cdot (x - x_0(y_c))^i$$

oder die ganze Fläche mit

$$z(x, y) = x_0(y) + z_0(y) + \sum_{i=1}^n a_i(y) \cdot (x - x_0(y))^i$$

beschreiben.

Durch die Vorgaben der Projektion der Hauptlinie und eines bestimmten Flächenastigmatismus und einer bestimmten mittleren Flächenbrechkraft entlang der Hauptlinie sowie der Anfangsbedingungen - Pfeilhöhe z und die beiden Ableitungen

$$\frac{\partial z}{\partial x} \quad \text{und} \quad \frac{\partial z}{\partial y}$$

an einer bestimmten Stelle, ist ein sogenannter Streifen 2. Ordnung eindeutig bestimmt. Es ergeben sich also genau

eine Projektion $z_0(y)$ und

jeweils ein Koeffizientenverlauf $a_1(y)$ und $a_2(y)$.

Berechnen lassen sich diese Größen entweder durch Lösen des Differentialgleichungssystem oder mit Hilfe einer Zielfunktion. Die Koeffizienten höherer Ordnung $a_3(y)$ bis $a_n(y)$ (daher auch der Begriff „Streifen zweiter Ordnung“) sind frei wählbar und können zur Optimierung der Peripherie des Brillenglases benutzt werden.

Selbstverständlich ist aber auch jede andere Flächendarstellung möglich, die (mindestens) zweimal differenzierbar ist.

Der vorgegebene Flächenastigmatismus $A_0(y)$ ist dabei bestimmt durch seinen Betrag und seine Achslage. Die Abweichung vom vorgegebenen Astigmatismus $A_0(y)$ berechnet man dabei beispielsweise mit der Kreuzzylindermethode, die sowohl den Betrag als auch die Achslage berücksichtigt.

Kreuzzylindermethode:

$$zyl_x = zyl_{ist} \cdot \cos(2 \cdot A_{ist}) - zyl_{soll} \cdot \cos(2 \cdot A_{soll})$$

$$zyl_y = zyl_{ist} \cdot \sin(2 \cdot A_{ist}) - zyl_{soll} \cdot \sin(2 \cdot A_{soll})$$

$$zyl_{res} = \sqrt{zyl_x^2 + zyl_y^2}$$

$$A_{res} = a \tan\left(\frac{zyl_y}{zyl_x}\right)$$

mit :

zyl_{ist}, A_{ist} Ist-Zylinder (Brillenglas): Betrag und Achslage

zyl_{soll}, A_{soll} Soll-Zylinder (Verordnung): Betrag und Achslage

zyl_{res}, A_{res} Resultierender-Zylinder (Astigmatischer Fehler):

Betrag und Achslage

Wenn beispielsweise die Verordnung lautet:

Zylinder: 2,5 dpt, Achse: 0 Grad nach TABO,

und das berechnete Brillenglas an einem Punkt auf der Hauptlinie eine Zylinderwirkung von 2,5 dpt und eine Achslage von 2 Grad hat, so erhält man als astigmatischen Fehler

0,174 dpt.

Erfindungsgemäß ist es allerdings bevorzugt, wenn nicht Flächeneigenschaften, sondern Eigenschaften des Brillenglases Eigenschaften in Gebrauchsstellung vorgegeben werden. Diese Eigenschaften können insbesondere der Astigmatismus und die Brechkraft der Kombination "Brillenglas/Auge" sein.

Zur Berechnung einer progressiven Fläche in der Gebrauchsstellung wird eine Gebrauchssituation festgelegt. Diese bezieht sich entweder auf einen konkreten Nutzer, für den die einzelnen Parameter in der jeweiligen Gebrauchssituation eigens ermittelt und die progressive Fläche gesondert berechnet wird, oder auf Durchschnittswerte, wie sie beispielsweise in der DIN 58 208 Teil 2 beschrieben sind.

Als Anfangsbedingung gibt man sich statt der Pfeilhöhe z die Dicke des Brillenglases und anstelle der beiden Ableitungen die prismatische Wirkung an einer bestimmten Stelle vor. Zusätzlich benötigt man noch die Flächenbe-

schreibung der zweiten Fläche, die insbesondere eine sphärische oder asphärische Fläche sein kann, und die Brechzahl des Brillenglases, die Pupillendistanz und den Augendrehpunktsabstand, die Vorneigung und Seitenneigung des Brillenglases und die Objektentfernungsfunktion $A_1(y)$.

Diese Werte können normierte bzw. Durchschnittswerte einer Gebrauchsstellung sein oder besser individuell ermittelte Daten des künftigen Brillenträgers. Dabei kann auch die tatsächliche Brillenfassung und deren Anordnung vor dem Auge des künftigen Brillenträgers bei der Bestimmung der Daten berücksichtigt werden.

Ziel des ersten Teils der Berechnung ist, daß die Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie in die x,y -Ebene mit der Projektion der Hauptblicklinie in die x,y -Ebene übereinstimmt. Allein hierdurch wird nämlich erreicht, daß der Brillenträger entlang der Hauptblicklinie, bei der die Hauptsehaufgaben auftreten, die vorbestimmten (und damit optimalen) Eigenschaften erreicht.

Da die Hauptblicklinie aber auch von der prismatischen Wirkung in jedem Horizontalschnitt abhängt, kann - wie bereits ausgeführt - die Übereinstimmung nur iterativ erzielt werden.

Nach Lösung der Iterationsaufgabe erhält man ein Brillenglas, bei dem entlang der Hauptblicklinie die Abbildungseigenschaften exakt den vorgegebenen Werten ent-

spricht. Dabei werden bei der Bestimmung der Hauptblicklinie alle individuellen Parameter wie Pupillendistanz, Augendrehpunktsabstand, sphärische, zylindrische und prismatische Verordnungsweite, Addition, Objektabstand, Vor- und Seitenneigung der Brille, Dicke, Brechzahl und Grundkurve des Brillenglases berücksichtigt.

Die Funktionen, die den Verlauf der Projektion und der vorgegebenen Eigenschaften, wie des Flächenastigmatismus bzw. (Rest)-Astigmatismus des Systems Auge/ Brillenglas sowie der Flächenbrechkraft bzw. der Wirkung beschreiben, müssen (mindestens) zweimal stetig differenzierbar und flexibel genug sein, um die vorgegebenen Eigenschaften wiederzugeben.

Geeignete Funktionen für die Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie sowie die vorgegebenen Eigenschaften sind beispielsweise kubische oder höhergradige Splinefunktionen oder eine Funktion $f(y)$ der Form

$$f(y) = b + a - \frac{a}{(1 + e^{c(y+d)})^m} + \sum_i g_i y^i$$

Ferner ist es nicht nur möglich, ausgehend von dem Streifen zweiter Ordnung, für den die Hauptlinie mit der Hauptblicklinie (zumindest innerhalb der vorgegebenen Grenzen) übereinstimmt, und auf dem die vorgegebenen Eigenschaften erreicht werden, die einzelnen Horizontalschnitte ($y = y_c$) über die folgende Funktion

$$z(x, y_c) = x_0(y_c) + z_0(y_c) + \sum_{i=1}^n a_i \cdot (x - x_0(y_c))^i$$

zu berechnen, sondern auch - wiederum ausgehend von dem Streifen zweiter Ordnung, in dem die Hauptlinie mit der Hauptblicklinie (zumindest innerhalb der vorgegebenen Grenzen) übereinstimmt - die gesamte Fläche mittels kubischer oder höherer Splinefunktionen und üblicher Optimierungsverfahren zu berechnen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann bei beliebigen Flächen eingesetzt werden, wie beispielsweise bei Brillengläsern eingesetzt werden, bei denen die progressive Fläche die Vorderfläche ist, und die in einer bestimmten Abstufung (Basiskurvensystem) als Blanks gefertigt werden. Besonders bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren jedoch bei Brillengläsern eingesetzt, bei denen die progressive Fläche die augenseitige Fläche ist und individuell für einen bestimmten Brillenträger berechnet wird. Die Vorderfläche kann dabei eine sphärische oder asphärische Fläche sein.

Die erfindungsgemäß berechnete progressive Fläche kann dabei in an sich bekannter Weise dazu dienen, ein progressives Brillenglas mittels jedes flächenformenden bzw. flächenbearbeitenden Verfahrens herzustellen.

Beispielsweise können die Flächendaten direkt zur Steuerung einer Schleifmaschine und gegebenenfalls auch zur Steuerung des Poliervorgangs eines Brillenglas-Rohlings aus beliebigem Silikatglas oder einem Kunststoffmaterial (mit allen Brechungsindices) eingesetzt werden. Entspre-

chende numerisch gesteuerte Schleif-und Poliermaschinen sind allgemein bekannt.

Selbstverständlich können die Flächendaten auch zur Herstellung von Gießformen für das Gießen, von Absenkformen oder von Stempeln für das Pressen von Brillengläsern aus einem Kunststoffmaterial verwendet werden.

Dabei ist es in bekannter Weise möglich, auf die ermittelten Flächendaten "Vorhalte-Daten", die Fehler beim Fertigungsprozeß berücksichtigten, aufzuaddieren.

Entsprechend gilt, daß die Daten für die zweite Fläche und die Anordnung der beiden Flächen relativ zueinander für die Herstellung des Brillenglases durch Bearbeitung der zweiten Fläche bzw. die Anordnung der zweiten Gießform relativ zur Gießform für die progressive Fläche verwendet werden können.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen hinsichtlich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1a - 6a die Isolinien der astigmatischen Abweichung,

Fig. 1b - 6b die Isolinien des mittleren Gebrauchswerts,

Fig. 1c - 6c die Isolinien des Flächenastigmatismus,

Fig. 1d - 6d die Isolinien der mittleren Flächenbrechkraft für erfindungsgemäße Brillengläser.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Bei allen dargestellten Ausführungsbeispielen ist die progressive Fläche ohne Beschränkung der Allgemeinheit die augenseitige Fläche. Bei der Vorderfläche handelt es sich um eine sphärische Fläche.

Das in den Figuren 1 dargestellte Ausführungsbeispiel hat im Fernteil einen mittleren Gebrauchswerts von 5 dpt ; die Addition beträgt 1 dpt. Die in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiele haben im Fernteil den gleichen mittleren Gebrauchswert, ihre Addition beträgt jedoch 2 bzw. 3 dpt.

Die in den Figuren vier bis sechs dargestellten Ausführungsbeispiele haben im Fernteil einen mittleren Gebrauchswert von -1,0 dpt, der Addition beträgt 1, 2 bzw. 3 dpt.

Der Fern- und der Nahbezugspunkt sind jeweils mit Kreisen dargestellt, der Zentrierpunkt ist mit einem Kreuz bezeichnet - ihre Lage ist den jeweiligen Figuren zu ent-

nehmen. Weiterhin ist der Verlauf der Hauptlinie, die erifdungsgemäß ermittelt worden ist, eingezeichnet.

Die Teilfiguren a der Figuren 1 bis 6 zeigen die astigmatische Abweichung innerhalb eines Kreises mit dem Radius 30 mm um einen Punkt, der 4 mm unterhalb des sogenannten Zentrierkreuzes liegt. Die astigmatische Abweichung ist der "Rest-Astigmatismus" des Systems Brillenglas/Auge und ist mittels sogenannter Isolinien beginnend mit der Isolinie 0,25 dpt dargestellt. Die Isolinien geben die Abweichung des Astigmatismus bzgl. Betrag und Achslage von der zylindrischen Verordnung - im Falle eines astigmatismusfreien Auges 0 dpt - an.

Die Teilfiguren b zeigen entsprechend die Isolinien für den mittleren Gebrauchswert dieser Ausführungsbeispiele der Erfindung. Der mittlere Gebrauchswert D ist der Mittelwert der Kehrwerte der bildseitigen Schnittweiten S'1 und S'2 minus der Objektentfernung, also der objektseitigen Schnittweite S

$$D = 0,5 * (S'1 + S'2) - S$$

Und ist ebenfalls in Form sogenannter Isolinien beginnend mit der Isolinie 0,75 dpt dargestellt.

Entsprechend sind in den Teilfiguren c und d die Isolinie der Flächendaten, nämlich der Flächenastigmatismus und der mittlere Flächenbrechwert dargestellt. Zur Definition dieser Flächendaten wird auf die einleitenden Ausführungen verwiesen.

Die Fig. 1 und 2 zeigen, daß sowohl der Fernteil als auch der Nahteil relativ groß sind. Weiterhin nimmt im Fernteil der mittlere Gebrauchswert zur Peripherie hin kaum zu, im Nahteil nur wenig ab. Die maximale astigmatistische Abweichung ist sehr gering, der Unterschied zwischen der maximalen Abweichung nasal und temporal unbedeutend.

In allen Figuren ist die Abszisse (x-Achse) die horizontale Achse und der Ordinate (y-Achse) die vertikale Achse in Gebrauchsstellung.

Selbstverständlich können die erfindungsgemäßen Verfahren auch auf die Berechnung und Herstellung von Brillengläsern mit zwei progressiven Flächen und/oder mit (zusätzlich) variierendem Brechungsindex übertragen werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Berechnen eines Brillenglases mit
 - einem zum Blicken in größere Entfernungen und insbesondere „ins Unendliche“ ausgelegten Bereich (Fernteil),
 - einem zum Blicken in kürzere Entfernungen und insbesondere „Lese-Entfernungen“ ausgelegten Bereich (Nahteil), und
 - einer zwischen Fernteil und Nahteil angeordneten Progressionszone, in der die Wirkung des Brillenglases von dem Wert in dem im Fernteil gelegenen Fernbezugspunkt auf den Wert des im Nahteil gelegenen Nahbezugspunktes längs einer zur Nase hin gewundenen Kurve (Hauptlinie) um einen als Addition bezeichneten Wert zunimmt,gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - a. als Anfangswerte werden ein Verlauf der Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie in die x,y -Ebene sowie Eigenschaften des Brillenglases längs der Hauptlinie unter Berücksichtigung der sphärischen, zylindrischen sowie gegebenenfalls prismatischen Verordnungs- und der Addition sowie der Pupillendistanz vorgegeben und mit diesen Vorgaben zumindest ein Streifen zweiter Ordnung der progressive Fläche eines Brillenglases berechnet,

- b. es wird eine Objektabstandsfunktion $Al(y)$ vorgegeben, die die Änderung der Objektentfernung bei einer Blickbewegung und insbesondere einer Blicksenkung beschreibt,
- c. in jedem Horizontalschnitt des progressiven Brillenglases wird der Durchstoßpunkt des Hauptstrahls durch die progressive Fläche bestimmt, für den der Abstand des Schnittpunkts dieses Hauptstrahles mit einer Ebene, die die Pupillendistanz halbiert, gleich dem durch die Objektabstandsfunktion $Al(y)$ gegebenen Objektabstand ist,
- d. für die Gesamtheit dieser in der Hauptblicklinie liegenden Durchstoßpunkte wird der Verlauf der Projektion $x'_0(y)$ in die x,y -Ebene berechnet,
- e. der Verlauf $x'_0(y)$ wird gleich $x_0(y)$ gesetzt und die Übereinstimmung geprüft,
- f. anschließend werden die Schritte a. bis e. solange iterativ wiederholt, bis die Projektion $x'_0(y)$ der Hauptblicklinie (innerhalb vorgegebener Grenzen) gleich dem Verlauf der für die Berechnung der entsprechenden Fläche verwendeten Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebenen Eigenschaften des Brillenglases Flächeneigenschaften sind.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zusätzlich die Pupillendistanz, der Augendrehpunktsabstand sowie die Vorneigung und die Seitenneigung des Brillenglases als Anfangsbedingungen vorgegeben werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch **gekennzeichnet**, daß diese Größen sowie die Objektabstandsfunktion $A_1(y)$ als Durchschnittswerte vorgegeben werden.
11. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch **gekennzeichnet**, daß diese Größen sowie die Objektabstandsfunktion $A_1(y)$ als die individuell ermittelte Daten des künftigen Brillenträgers vorgegeben werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zusätzlich die Form der tatsächlichen Brillenfassung und deren Anordnung vor den Augen des Brillenträgers berücksichtigt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Projektion $x_0(y)$ der Hauptlinie sowie die vorgegebenen Eigenschaften durch kubische oder höhergradige Splinefunktionen oder eine Funktion $f(y)$ der Form

$$f(y) = b + a - \frac{a}{(1 + e^{c(y+d)})^m} + \sum_i g_i y^i$$

beschrieben werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von den Streifen zweiter Ordnung, für den die Hauptlinie mit der Hauptblicklinie (zumindest innerhalb der vorgegebenen Grenzen) übereinstimmt, die einzelnen Horizontal-schnitte ($y = y_c$), die durch

$$z(x, y_c) = x_0(y_c) + z_0(y_c) + \sum_{i=1}^n a_i \cdot (x - x_0(y_c))^i$$

beschrieben werden, berechnet werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem Streifen zweiter Ordnung, in dem die Hauptlinie mit der Hauptblicklinie (zumindest innerhalb der vorgegebenen Grenzen) übereinstimmt, die gesamte Fläche mittels Splinefunktionen und üblicher Optimierungsverfahren berechnet wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Objektabstand der Abstand vom Durchstoßpunkt des Hauptstrahls durch die Vorderfläche bis zum Schnittpunkt des Hauptstrahles mit der Mittelebene ist, die die Pupillendistanz halbiert.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die progressive Fläche die augenseitigen Fläche ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß die Vorderfläche eine
sphärische oder asphärische Fläche ist.
19. Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases, von
Gießformen für das Gießen, von Absenkformen oder von
Stempeln für das Pressen von Brillengläsern aus einem
Kunststoffmaterial,
dadurch gekennzeichnet, daß die Daten einer nach ei-
nem der Ansprüche 1 bis 18 berechneten Fläche für die
Herstellung der progressiven Fläche bzw. der Gieß-
form, der Absenkform oder des Preßstempels mittels
eines flächenformenden bzw. flächenbearbeitenden Ver-
fahrens verwendet werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, daß die Daten für die zweite
Fläche und die Anordnung der beiden Flächen relativ
zueinander für die Herstellung des Brillenglases
durch Bearbeitung der zweiten Fläche bzw. die Anord-
nung der zweiten Gießform relativ zur Gießform für
die progressive Fläche verwendet werden.

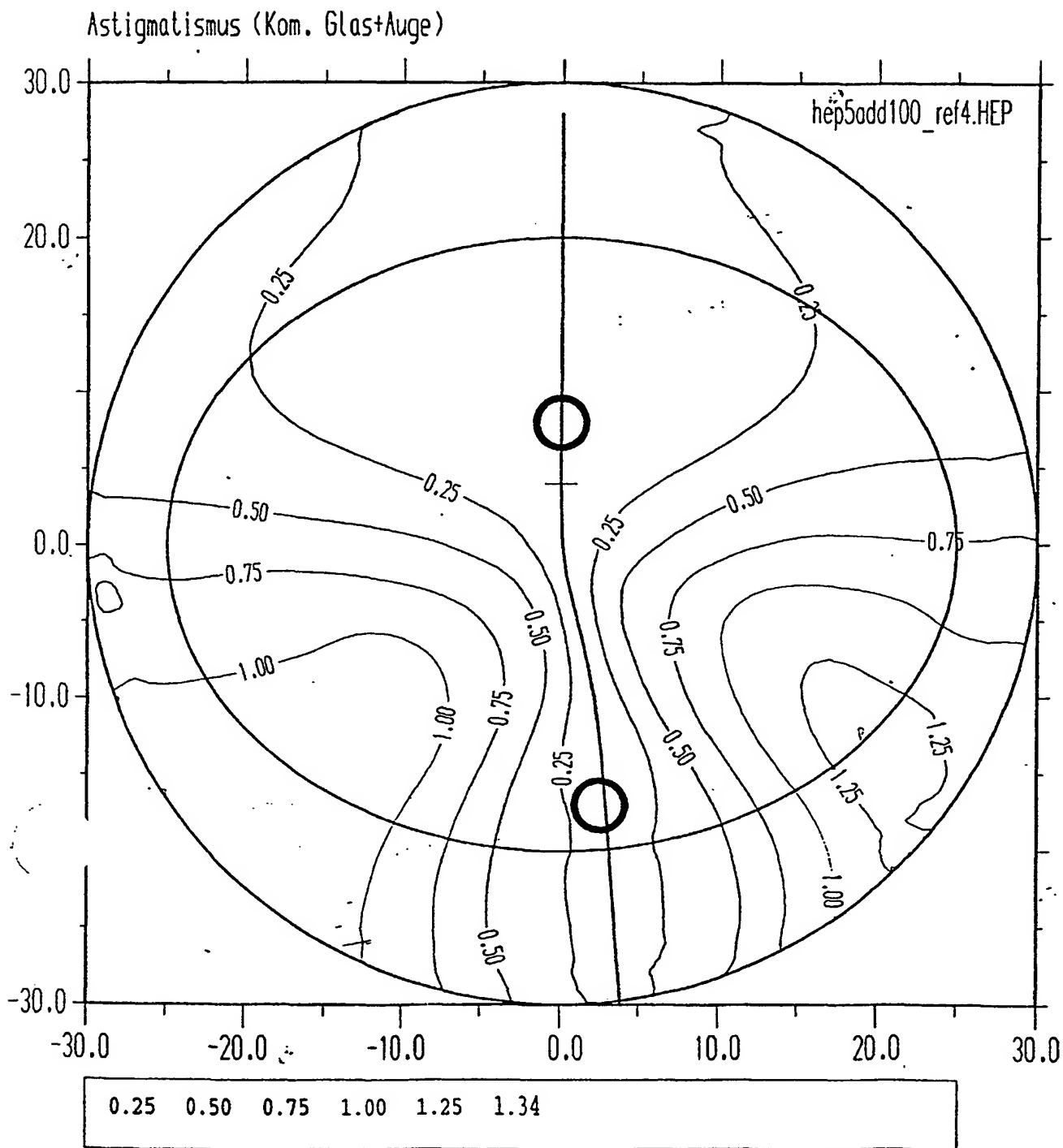


Fig. 1a

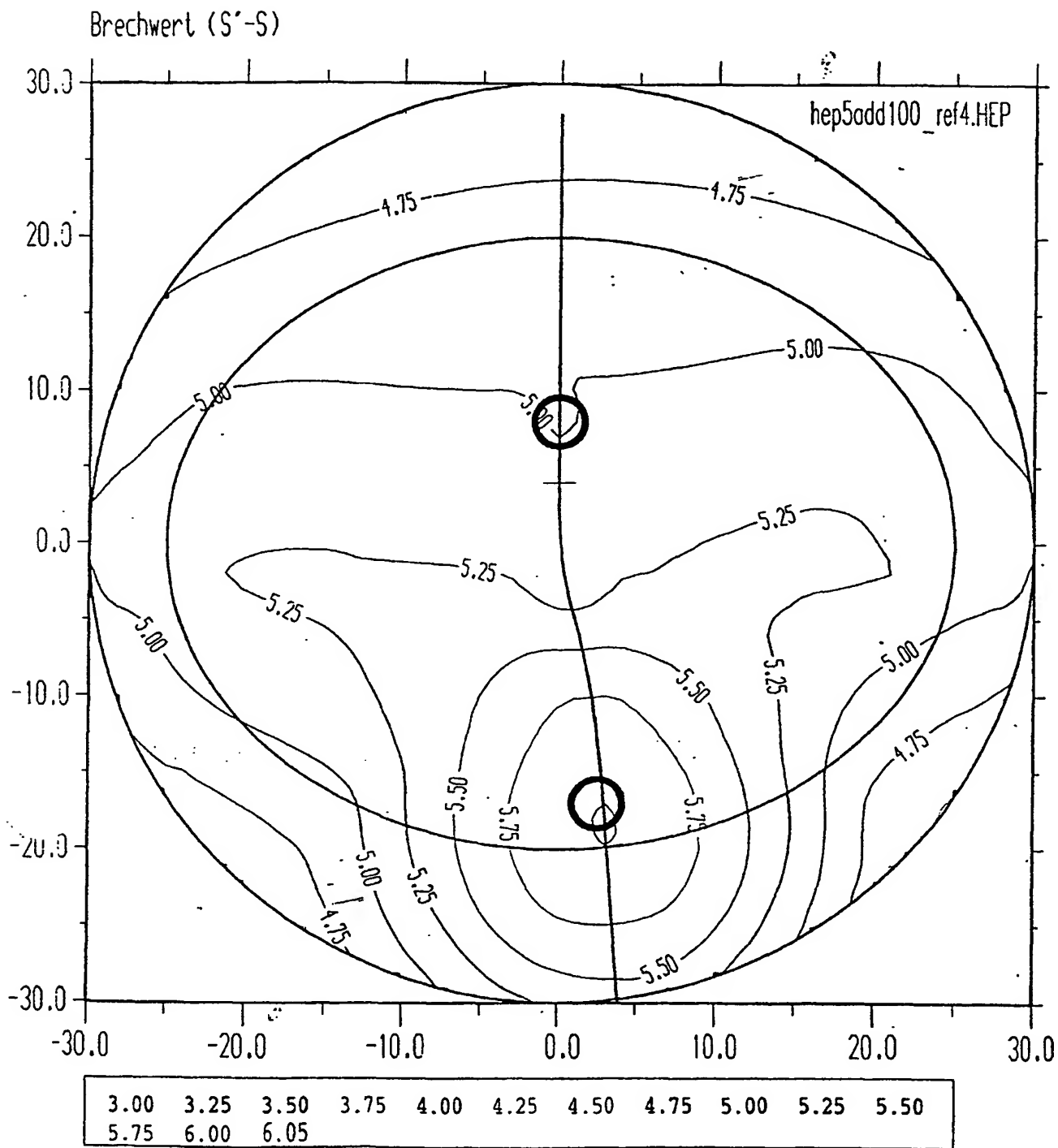


Fig. 16

Flaechenastigmatismus

hep5add100_ref4.HEP

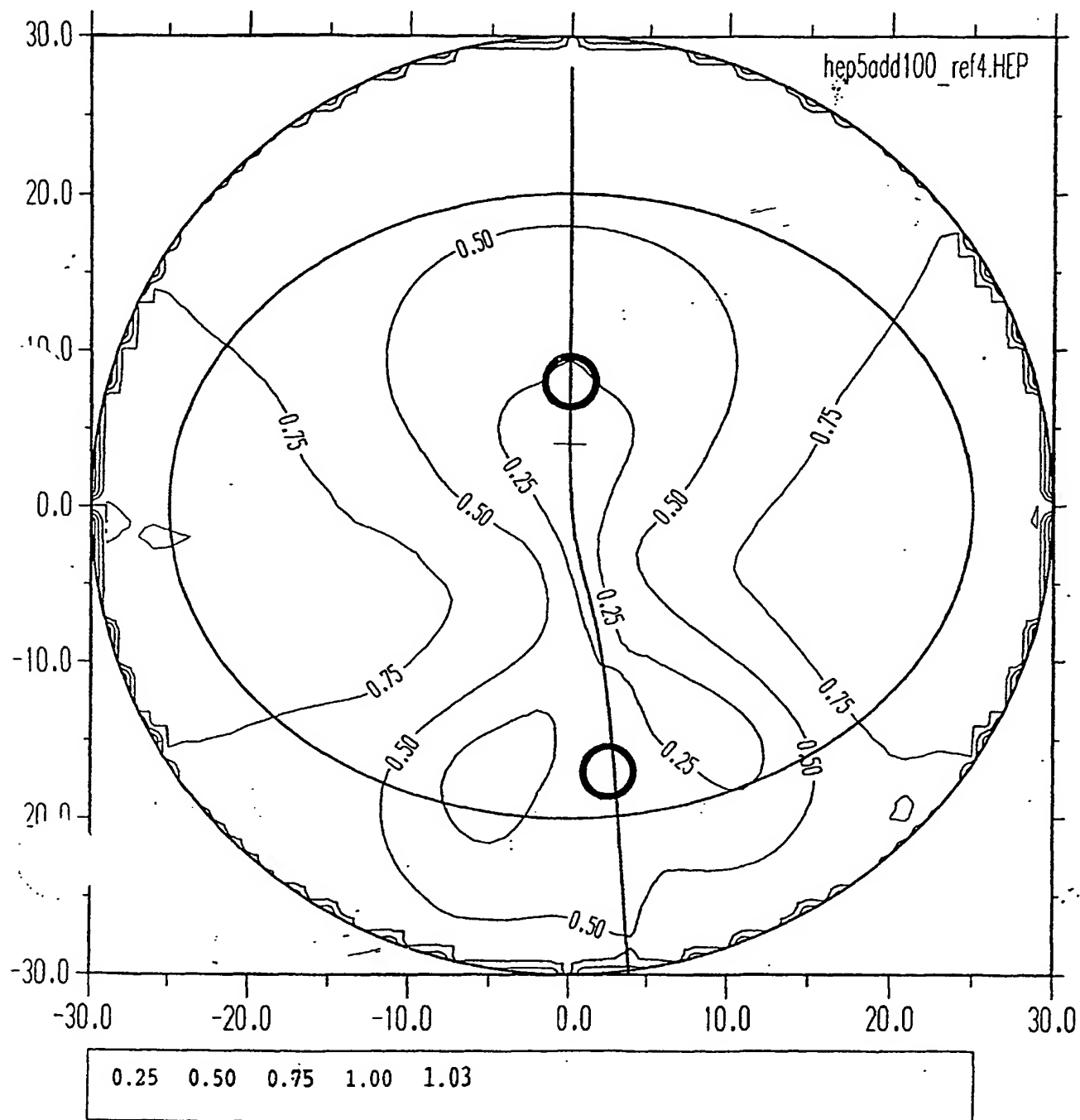
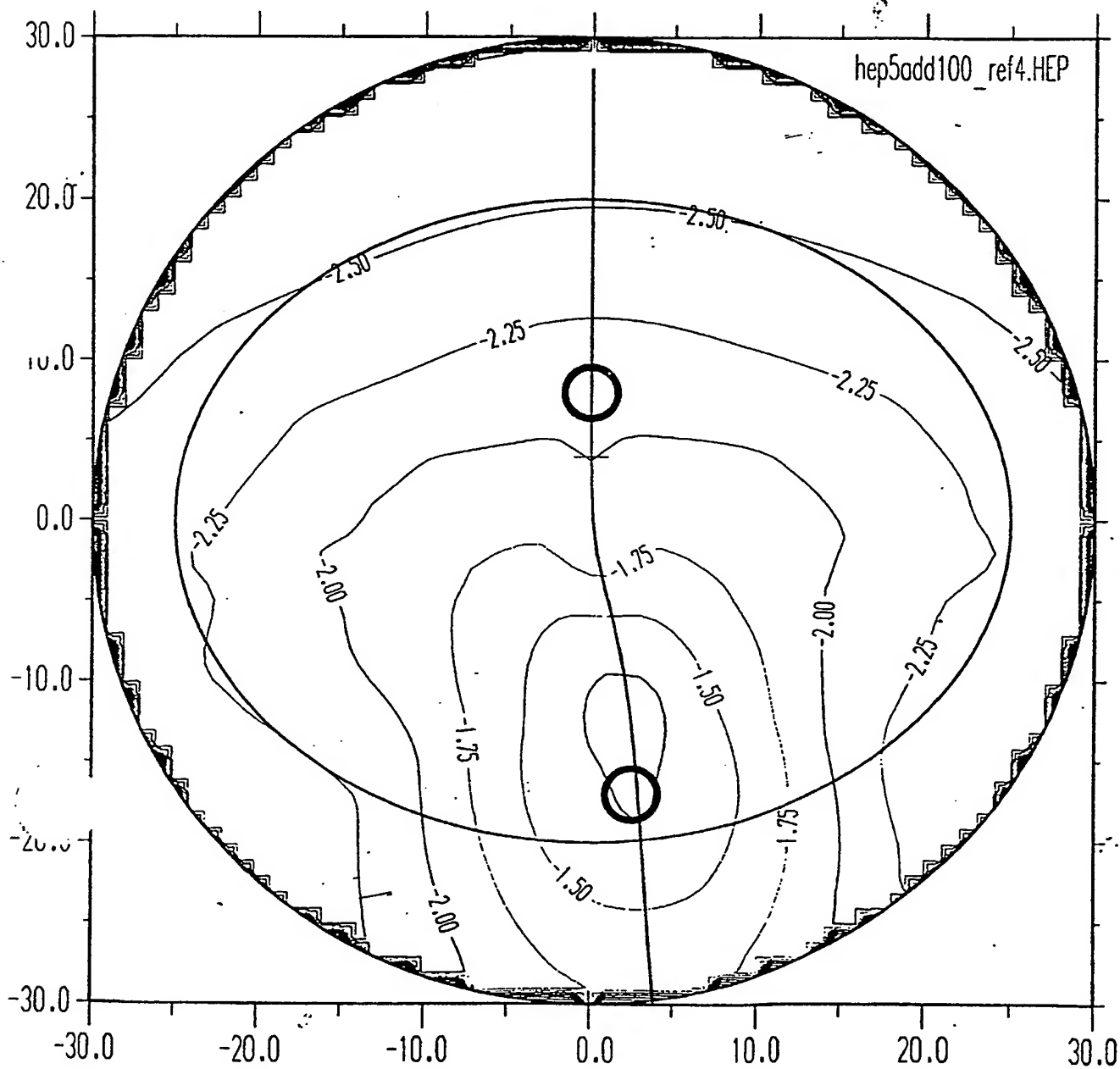


Fig. 1c

104.00

Mittl. Flaechenbrechwert

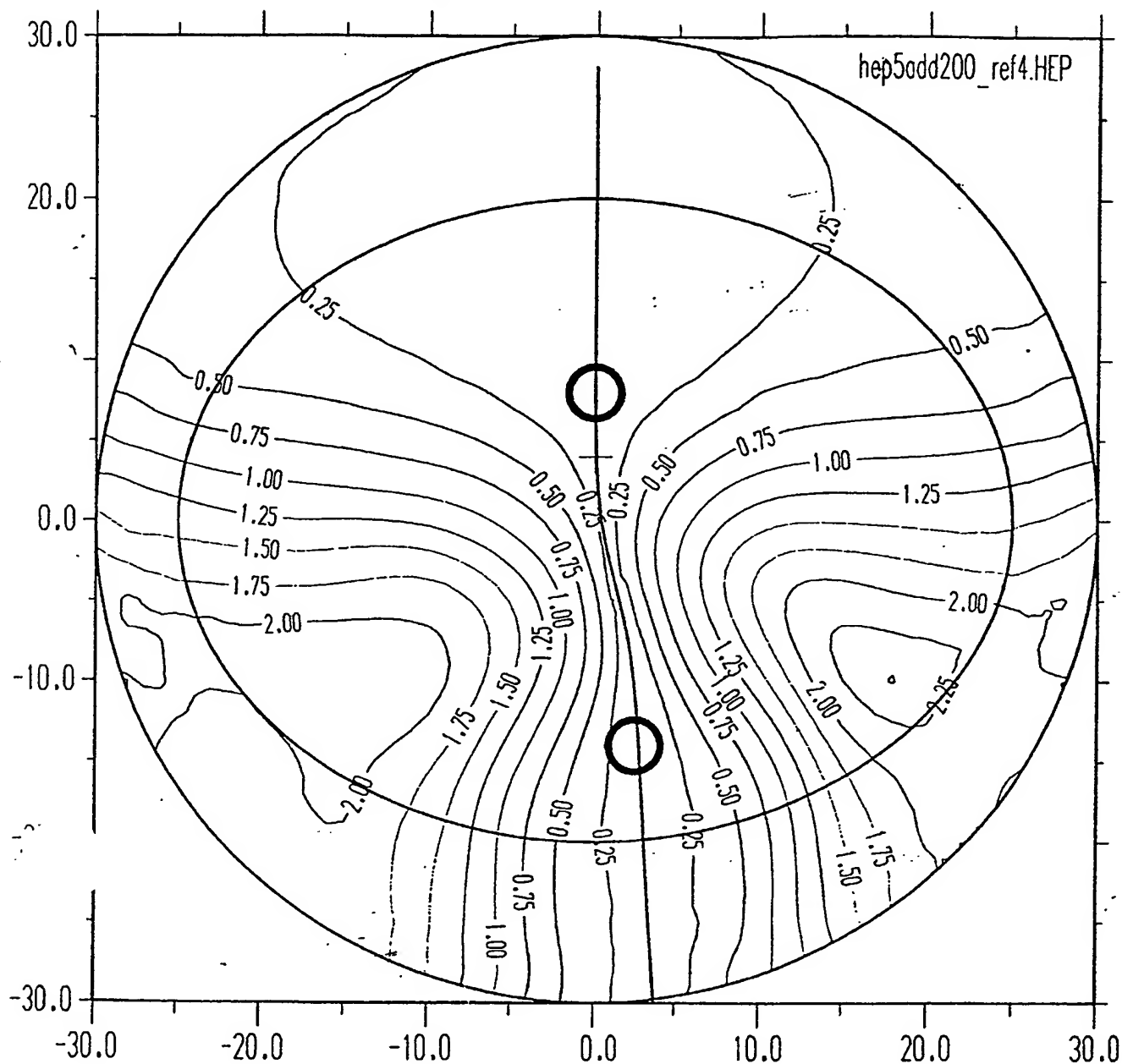


-3.00	-2.75	-2.50	-2.25	-2.00	-1.75	-1.50	-1.25	-1.00	-0.75	-0.50
-0.25	0.00	0.00								

Fig. 10d

Astigmatismus (Kom. Gläs+Aug)

hep5odd200_ref4.HEP



0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00 2.25 2.37

Fig. 2a

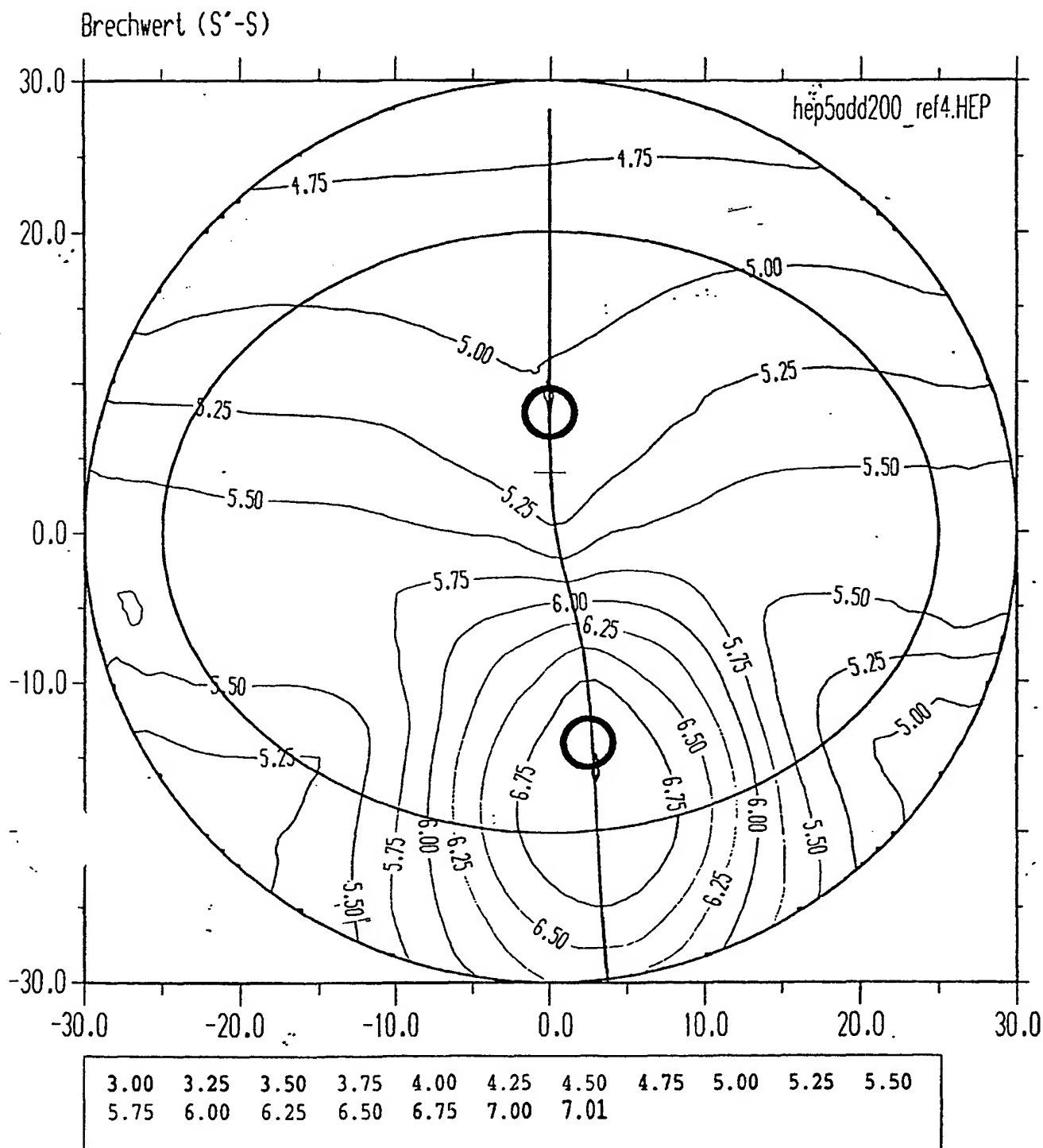


Fig.26

Flaechenastigmatismus

hep5odd200_ref4.HEP

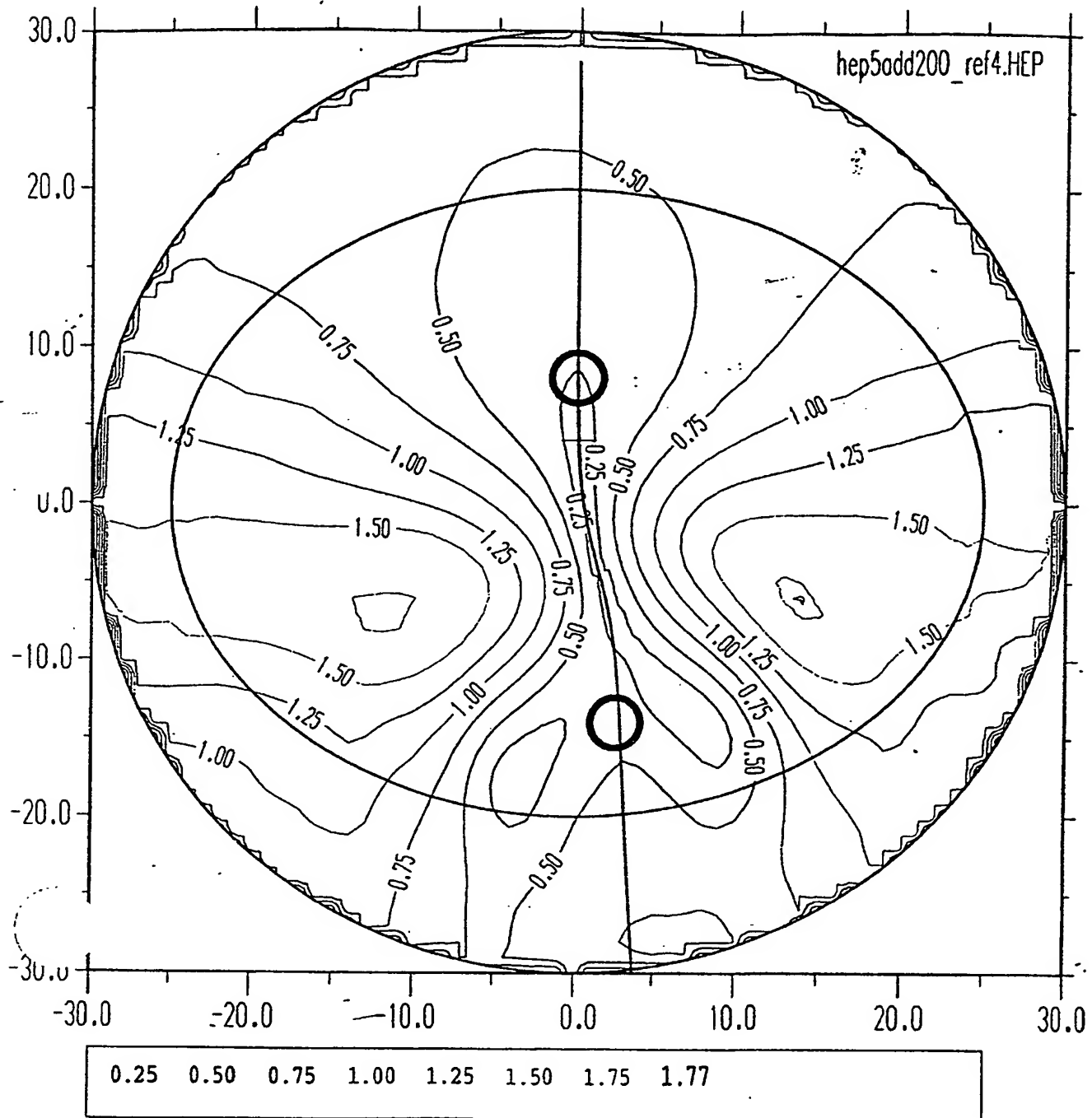


Fig. 2c

Mittl. Flaechenbreichwert

hep5add200_ref4.HEP

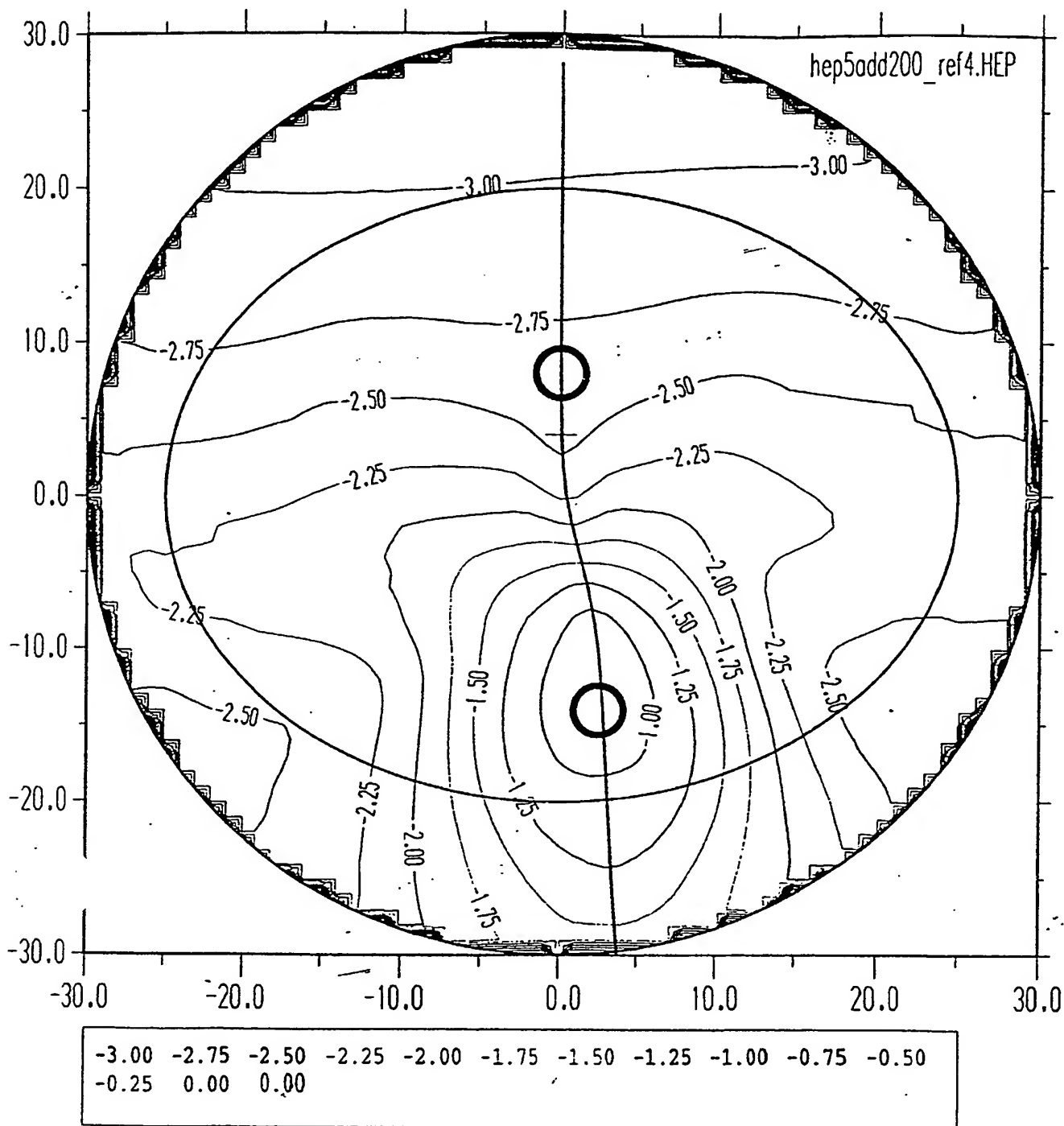
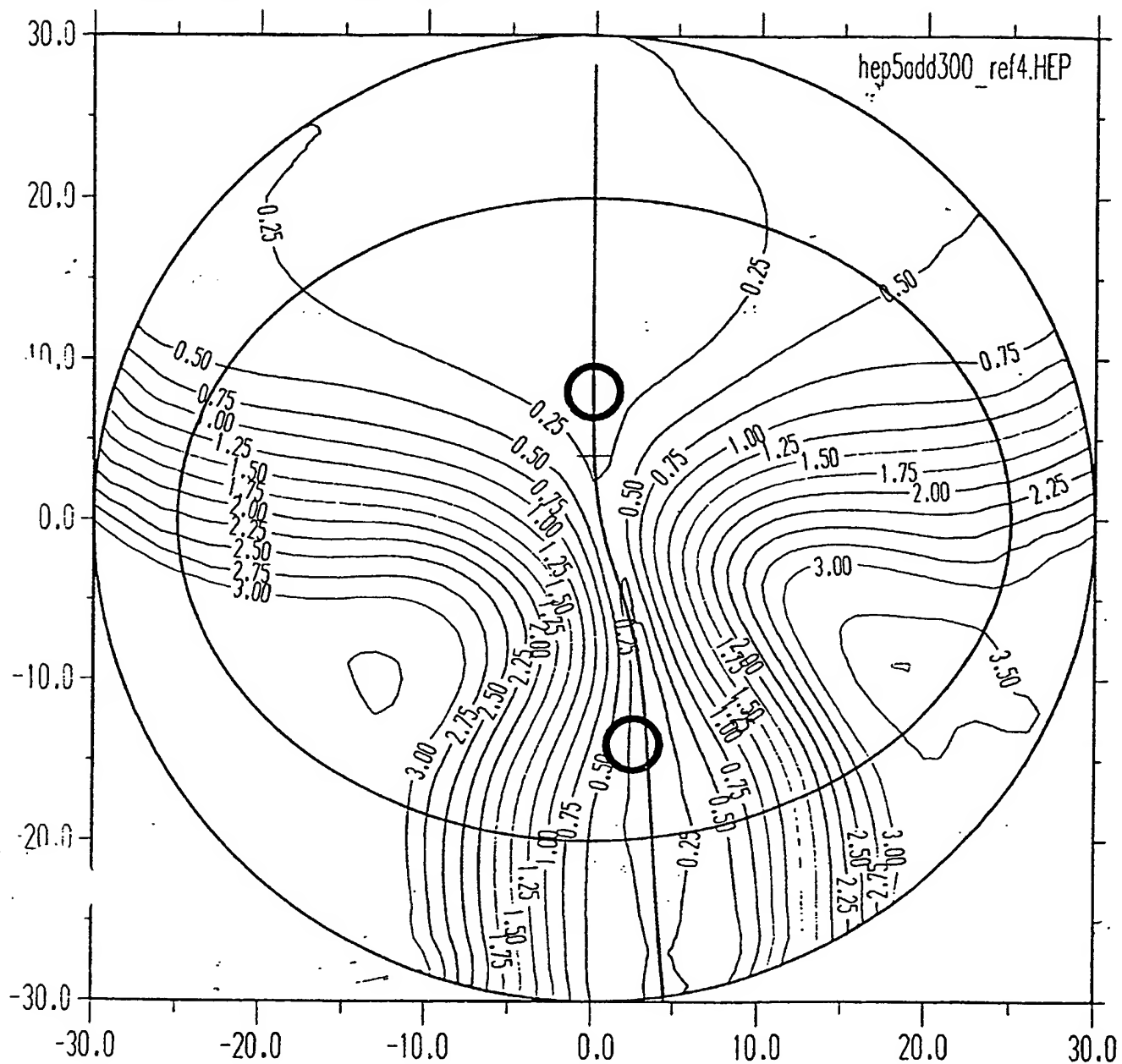


Fig. 2d

Astigmatismus (Kom. Glas+Aug)

hep5odd300_ref4.HEP



0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75
3.00	3.50	3.77								

Fig. 3a

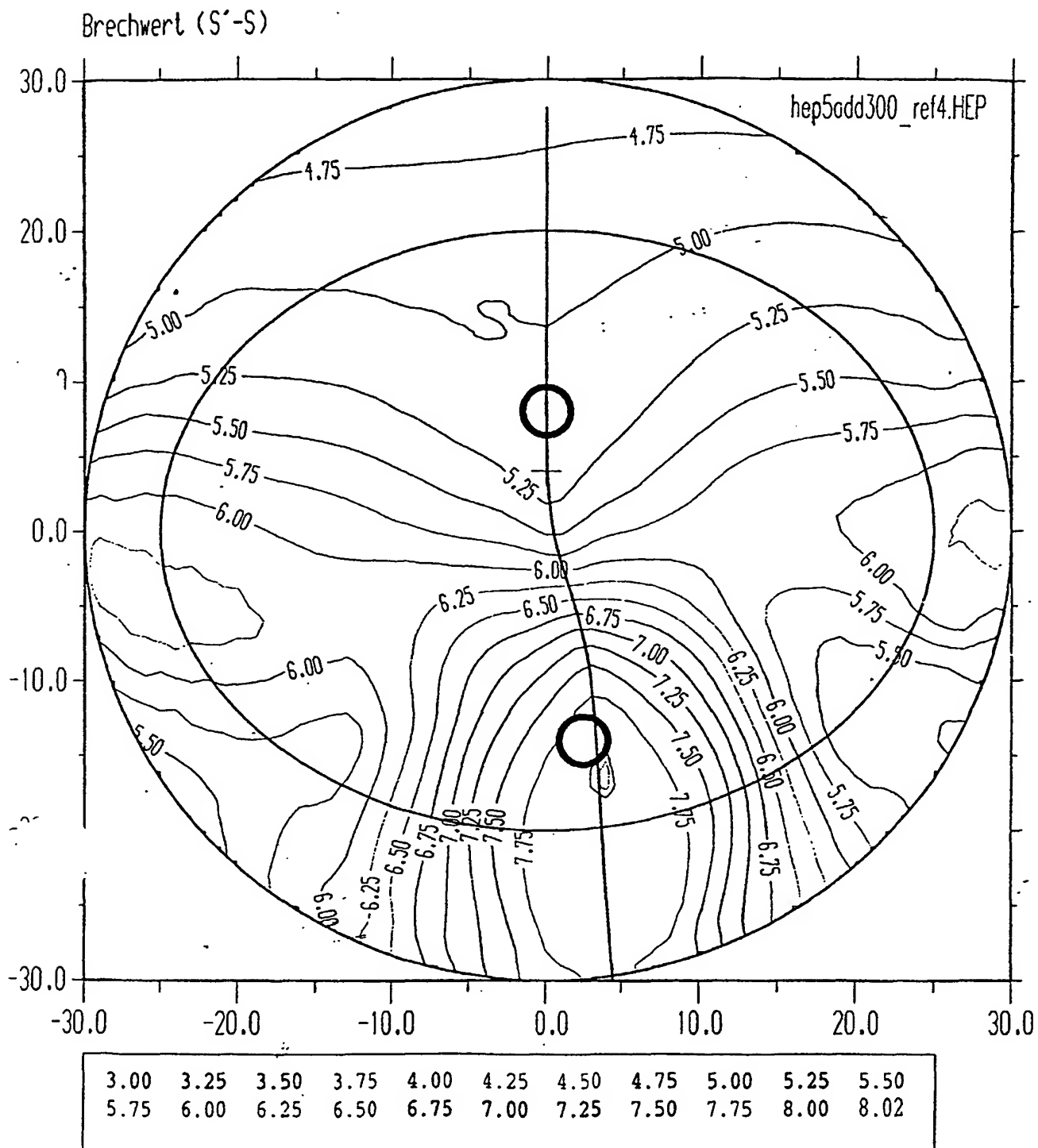


Fig. 3b

Flaechenastigmatismus

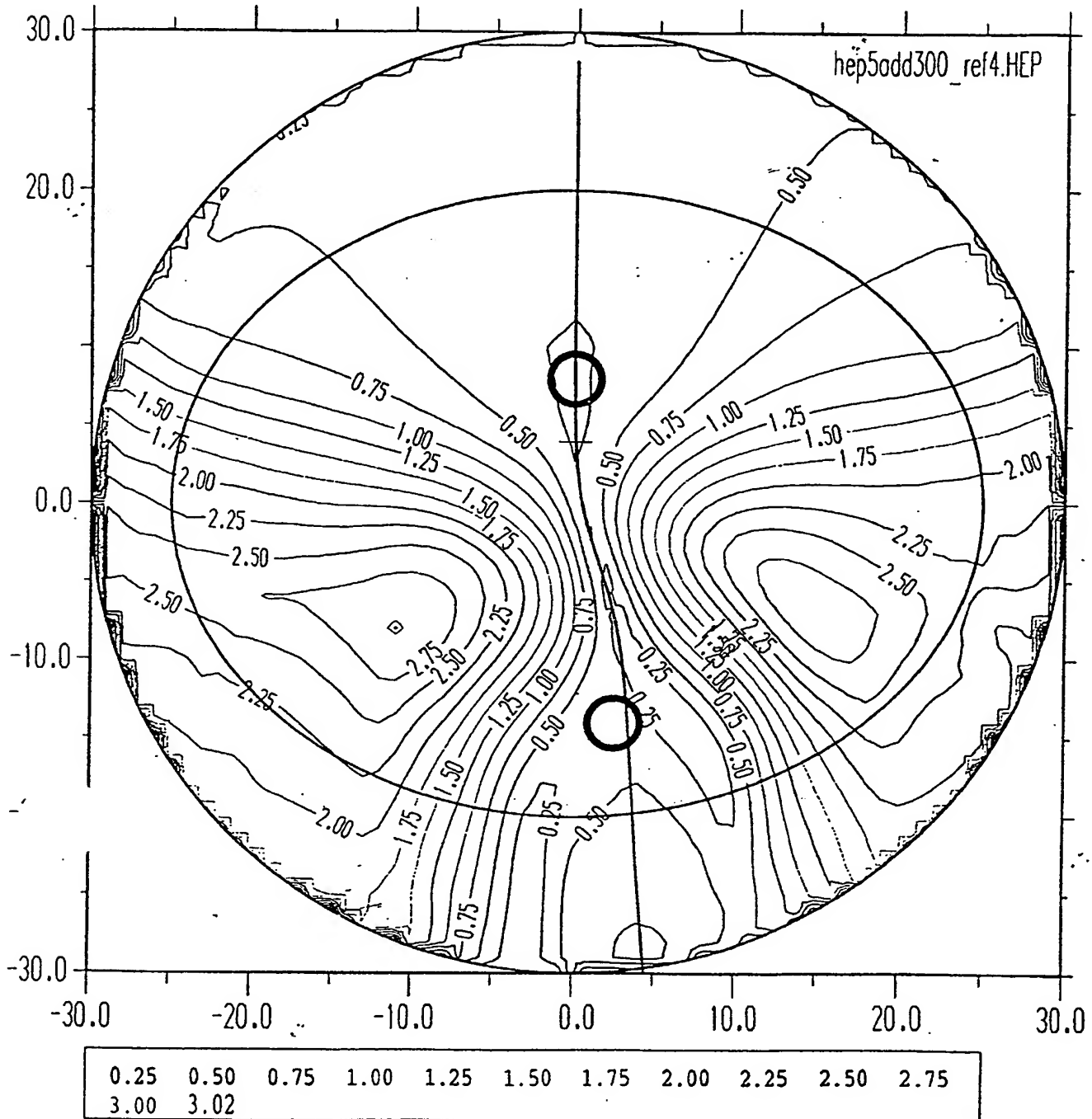


Fig. 3c

Flaechenastigmatismus

hep5odd300_ref4.HEP

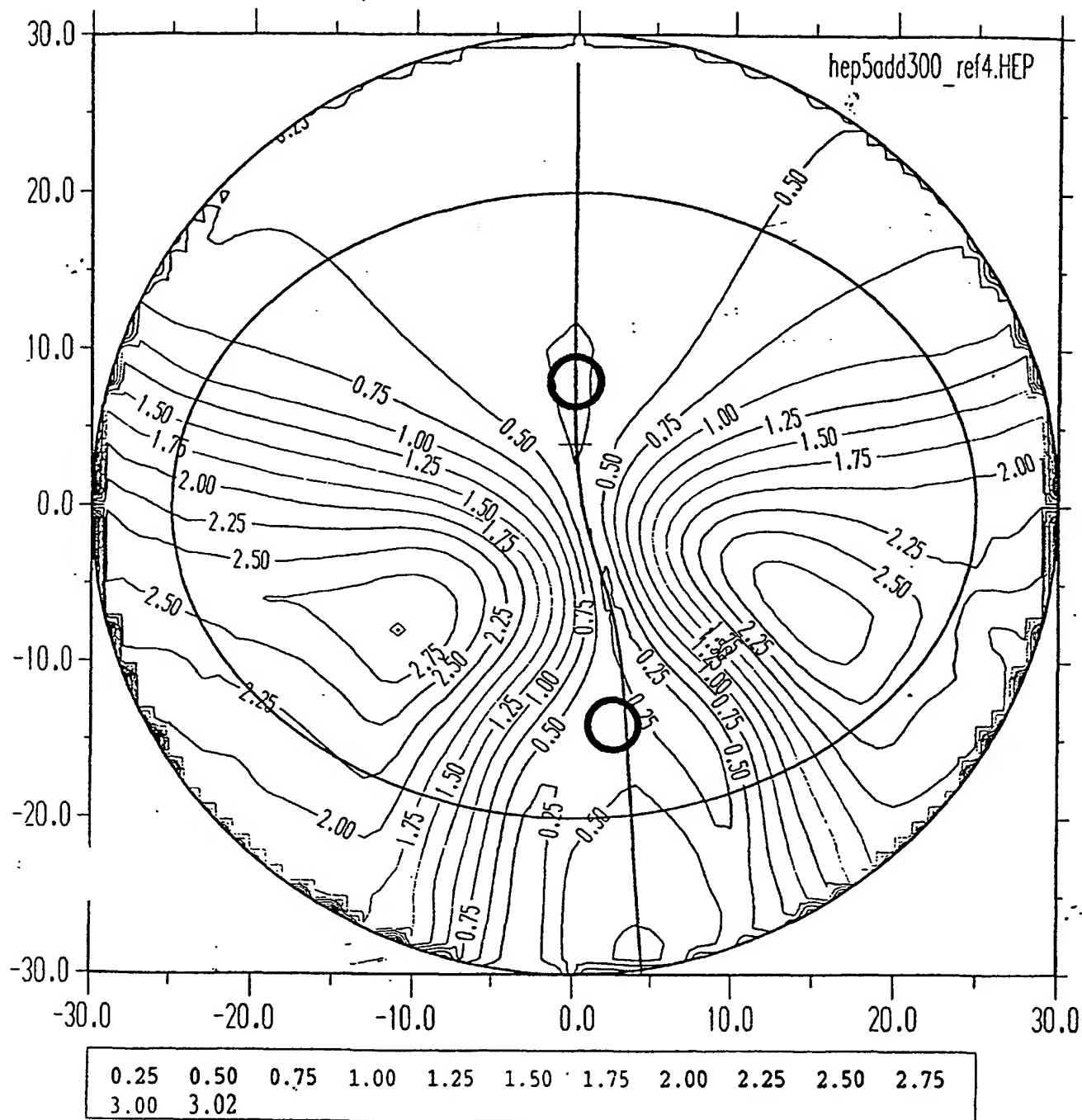


Fig. 3d

Astigmatismus (Kom. Glas+Augen)

hep-1add100_ref4.HEP

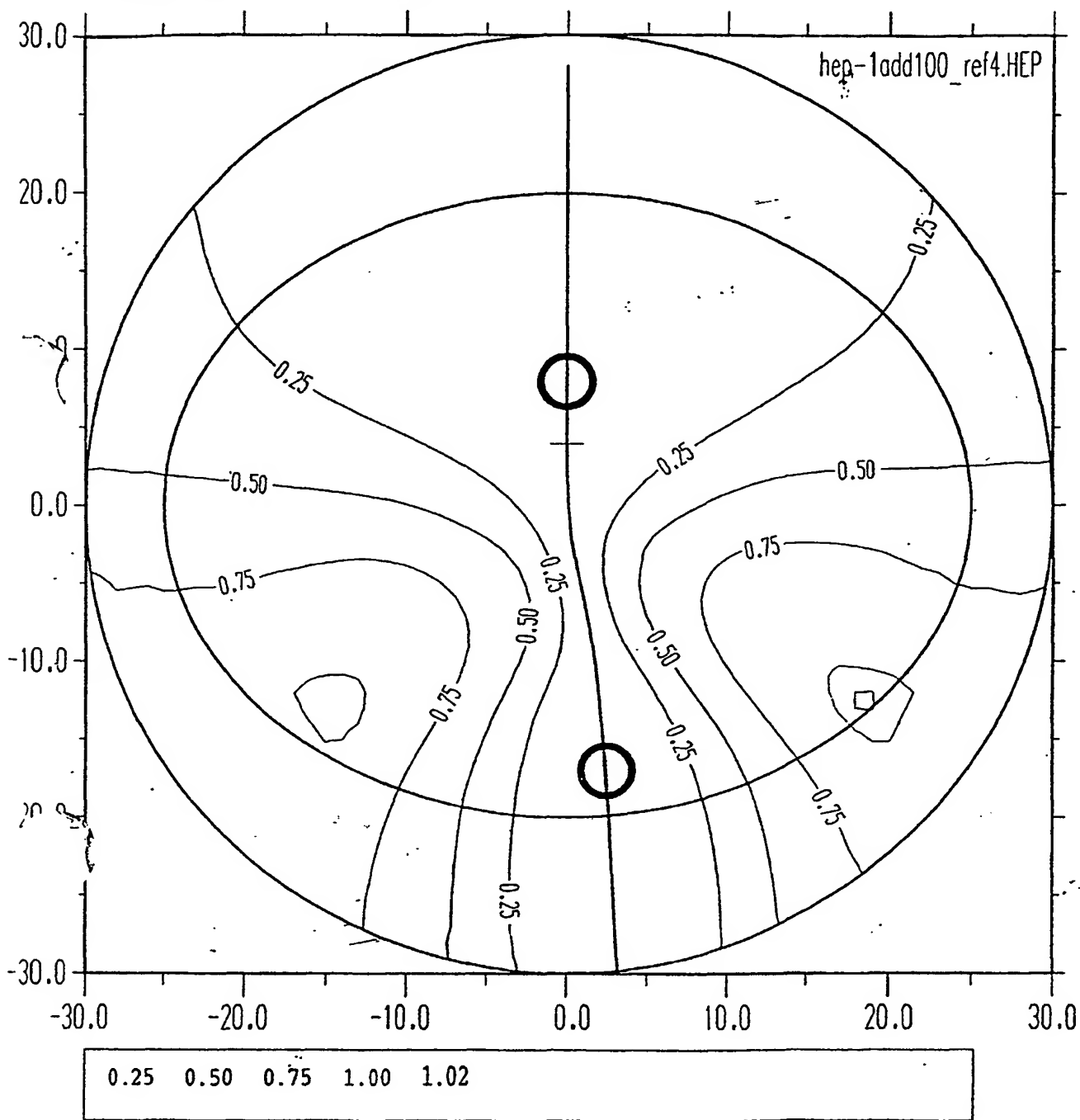


Fig. 4a

Astigmatismus (Kom. Glas+Aug)

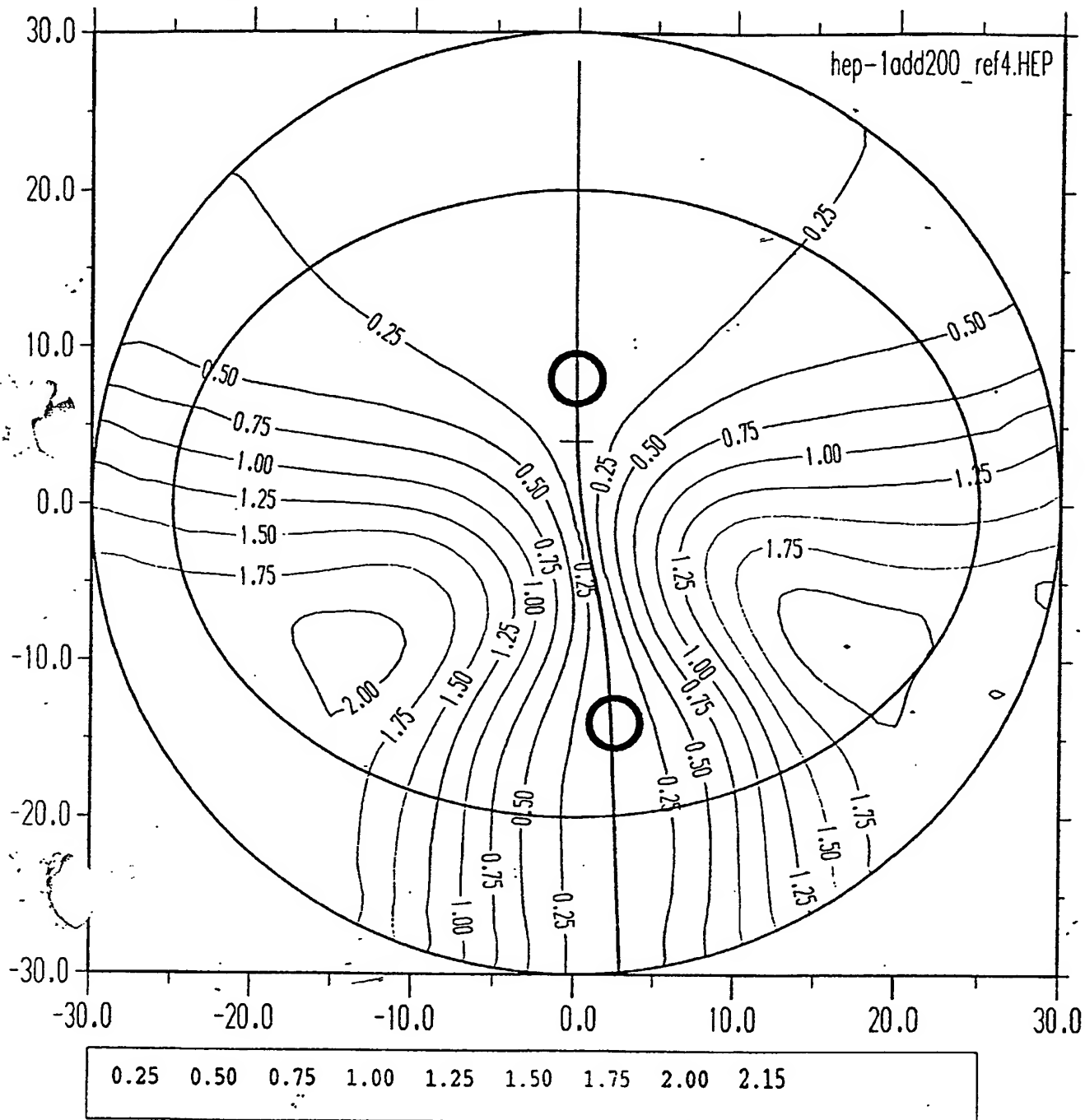


Fig. 5a

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.